

VŠB –Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra automatizační techniky a řízení

Inovace laboratorních úloh předmětu Automatizační technika

Innovation of Laboratory Tasks for Control Instrumentation Subject

Student: Martin Janes

Vedoucí práce: Ing. Marek Babiuch, Ph.D.

Ostrava 2012

Zadání bakalářské práce

Student:

Martin Janes

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

3902R001 Aplikovaná informatika a řízení

Specializace:

70 Aplikovaná informatika a řízení

Téma:

**Inovace laboratorních úloh předmětu Automatizační technika
Innovation of Laboratory Tasks of Control Instrumentation Subject**

Zásady pro vypracování:

1. Popište aktuální úlohy předmětu Automatizační technika a s přístrojovým vybavením jednotlivých pracovišť.
2. Analyzujte možnosti propojení všech využívaných měřicích přístrojů s počítačem za účelem elektronického získávání a zpracování měřených dat.
3. Navrhněte možné způsoby inovace laboratorních úloh po analýze druhého bodu zadání.
4. Realizujte navržené inovace laboratorních úloh s měřicími přístroji komunikujícími s PC.
5. Pro inovované úlohy upravte a zpracujte návody a postup měření.

Seznam doporučené odborné literatury:

Vlach, J. *Počítačová rozhraní, přenos dat a řídicí systémy*. Praha, BEN-technická literatura, 1997, ISBN 80-85940-17-4.

Martínek, R. *Senzory v průmyslové praxi*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-7300-114-4.

Návody do cvičení laboratoře H306 [online]. 2006-2011. Dostupné z [www: <http://352lab.vsb.cz/>](http://352lab.vsb.cz/).

Diplomové práce z oblasti přístrojové instrumentace obhájené na katedře ATŘ VŠB - TU Ostrava v letech 2000 - 2011.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marek Babiuch, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

prof. Ing. Jiří Tůma, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ...21.5.2012.....

.....Markus Janas.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21.5.2012

Martin Janes

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Martin Janes

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Bílovec, Havlíčkova 65, 74301

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

JANES, M. *Inovace laboratorních úloh předmětu Automatizační technika : bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra automatizační techniky a řízení, 2012, Vedoucí práce: Babiuch, M.

Práce se zabývá možnostmi připojení digitálních měřicích zařízení k PC. Popisuje stávající vybavení laboratoře H306 a relevantní standardy přenosu dat. Na jednoduchých příkladech ukáže praktické možnosti komunikace a vyhodnotí realizovatelné možnosti zapojení digitálních multimetrů do měřicích řetězců. Získané poznatky budou využity k vytvoření programu zajišťující komunikaci multimetr-PC. Součástí práce je návrh a realizace programu v jazyce C# pro zpracování naměřených hodnot v PC.

ANNOTATION OF BACHELORTHESIS

JANES, M. *Innovation of laboratory tasks for Control instrumentation subject : bachelorthesis.* Ostrava: VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of mechanical engineering, Department of control systems and instrumentation, 2012, Supervisor: Babiuch, M.

Project looks into possibilities of connecting digital multimeters with PC. Project describes current technical equipment of laboratory H306 and standards of data transmission. Few simple examples will demonstrate practical possibilities of data transmission and evaluate possibilities of plugging digital multimetres in into measuring chains. Acquired information will be used to create program, which could be used to build up communication between multimeter and PC. There is also included design and realization of program written in C#, that processes measured out readings in PC.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	7
1 ÚVOD	9
2 PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ LABORATOŘE H306	10
2.1 Metex MXD-4660A	10
2.2 Agilent 34410A	11
2.3 Escort 3146A	12
2.4 Ametek ETC 400A	12
3 MOŽNOSTI PŘIPOJENÍ MĚŘICÍCH PŘÍSTROJŮ K PC	14
3.1 Sériový port	14
3.2 USB	16
3.3 GPIB	17
4 KOMUNIKACE PŘÍSTROJŮ S PC	19
4.1 Metex MXD-4660A	19
4.2 Agilent 34410A	21
4.3 Escort 3146A	23
5 ROZŠÍŘENÍ STÁVAJÍCÍCH KOMUNIKAČNÍCH MOŽNOSTÍ	27
5.1 Agilent 34410A	27
5.2 Metex MXD-4660A	27
6 MULTIMETR ESCORT	28
7 ÚLOHY LABORATOŘE H306	35
7.1 Součinitel odporu Pt-100	35
7.2 Spojité indukční snímače polohy	40
8 ZÁVĚR	43
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	44

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	ampér
AC	střídavá veličina (<i>Alternating Current</i>)
f	frekvence
Hz	hertz
R	elektrický odpor
s	sekunda
V	volt
W	watt
°C	stupeň Celsia
°F	stupeň Fahrenheita
COM XX	označení sériového portu v PC
DC	stejnoseměrná veličina (<i>Direct Current</i>)
GND	označení vodiče pro společnou zem (<i>ground</i>)
GPIO	paralelní sběrnice (<i>General Purpose Interface Bus</i>)
H	vysoká úroveň pro TTL (<i>high</i>)
L	nízká úroveň pro TTL (<i>low</i>)
LAN	lokální síť (<i>Local Area Network</i>)
LCD	displej z tekutých krystalů (<i>Liquid Crystal Display</i>)
PC	osobní počítač (<i>Personal Computer</i>)
RMS	efektivní hodnota (<i>Root Mean Square</i>)
RS232, RS485	sériový port (<i>Recommended Standard 232, Recommended Standard 485</i>)
RxD	označení vodiče pro příjem signálu (<i>receive data</i>)
TTL	tranzistorově-tranzistorová logika (<i>Transistor Transistor Logic</i>)

TxD	označení vodiče pro vysílání signálu (<i>transmit data</i>)
USB	univerzální sériová sběrnice (<i>Universal Serial Bus</i>)

1 ÚVOD

Nedílnou součástí každého laboratorního měření je zaznamenávání naměřených údajů a jejich následné hodnocení a zpracovávání. S dnešní rozšířeností osobních počítačů veškeré tyto úkony probíhají právě s jejich využitím. Je proto nutné tato data do počítače nějakým způsobem importovat. Ať už se bude jednat o zapisování odečtených hodnot z displeje měřicího přístroje přímo do programu, jenž nám umožní s těmito daty nadále pracovat, nebo, jak se ještě stále často praktikuje, se data nejdříve „postaru“ ručně vypíší do tabulky v protokolu o záznamu měření a teprve potom se vkládají do počítače, obecně platí, že čím více těchto jednotlivých úkonů budeme provádět, tím pravděpodobněji nastane chyba v záznamu. A jak už to bývá, člověk není neomylný. Proto nejen z tohoto důvodu je vhodné co nejvíce omezit jednotlivé kroky potřebné k dosažení požadovaných výsledků: vytvoření tabulek, grafů, provádění matematických operací apod. Jedna z možností, jak tohoto docílit, je zajistit elektronické propojení měřicího přístroje přímo s počítačem a zajištění automatického ukládání těchto naměřených dat. Nejen, že se tak omezí pravděpodobnost výskytu chyby při přenosu a zpracovávání dat, ale dojde i ke značnému zjednodušení a urychlení celého měřicího procesu.

V následujících kapitolách provedu základní popis měřících jednotek dostupných v katedrální laboratoři H306, uvedu technické možnosti jejich připojení k PC. Zdokumentuji a popíšu vytvořený ovládací software pro komunikaci multimetru Escort 3146A s PC. V závěru dokumentu budou přiloženy inovované návody a postupy měření pro vybrané laboratorní úlohy.

2 PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ LABORATOŘE H306

V laboratoři H306, kde dochází k praktické části výuky předmětu Automatizační technika, se nachází tyto digitální měřicí přístroje:

- Metex MXD-4660A
- Agilent 34410A
- Escort 3146A
- Escort 3136A
- Ametek ETC 400A
- Digital multimeter V560

Digital multimeter V560 byl z práce vyřazen rovnou, protože nesplňuje základní požadavek, a to existenci komunikačního portu.

Ostatní přístroje jsou již vybaveny porty standardu USB, GPIB, RS 232, LAN v závislosti na typu přístroje. Příslušnosti jednotlivých portů k přístrojům bude detailněji popsáno v jednotlivých kapitolách.

V případě multimetrů Escort se jedná téměř o totožné přístroje a s ohledem na zadání bakalářského projektu jde o totožné typy. Proto se v následujícím textu budu zmiňovat pouze o typu 3146A.

2.1 Metex MXD-4660A

Stolní digitální TrueRMS multimetr s vyšší přesností, 4 a půl místný podsvícený hlavní displej (max. 19999) + tři další LCD pro související měření, paměťové funkce. Měří napětí (max. 1000V), proud (max. 20A), rezistenci, f, diody, zkrat.



Obr.2.1 MXD-4660A [GM Electronic, 2012]

Tab.2.1 Základní specifikace přístroje MXD-4660A [GM Electronic, 2012]

Načítání	1 – 2 načtení za sekundu
Možnost připojení	RS 232
Možnosti měření	AC/DC napětí, AC/DC proud, rezistence, frekvence, testování diod, testování tranzistorů

2.2 Agilent 34410A

Multimetr Agilent 34410A je vyvinut pro rychlá měření a přesné trigeroání. Rozlišení displeje 6½ číslic, duální zobrazení, přenesení 10 000 měření/s při rozlišení 5½ místa, logování dat, měření odporu a frekvence, s rozhraními LAN, USB a GPIB.



Obr. 2.2 Agilent 34410A [Agilent technologies, 2012]

Tab. 2.2 Základní specifikace přístroje Agilent 34410A [Agilent technologies, 2012]

Rozlišení displeje	6½ místa
Rychlost odečtů	1000 odečtů/s při rozlišení 6½ místa s přenosem do PC nebo
Možnost připojení	USB, LAN, GPIB
Možnost měření	AC/DC proud, AC/DC napětí, rezistence, frekvence, perioda, kontinuita, testování diod

2.3 Escort 3146A

Stolní digitální TrueRMS multimetr, rozlišení displeje $5\frac{1}{2}$ číslic, kromě základních druhů měření (AC/DC napětí a proud, frekvence, testování diod a kontinuity), lze provádět a zobrazovat výsledky měření v porovnání s referenční hodnotou.



Obr. 2.3 Escort 3146A [Instruments techno tests, 2012]

Tab. 2.3 Základní specifikace přístroje Escort 3146A [Instruments techno tests, 2012]

Rozlišení displeje	$4\frac{1}{2}$ místa
Možnost připojení	RS 232
Možnosti měření	AC/DC proud, AC/DC napětí, rezistence, frekvence, testování diod

2.4 Ametek ETC 400A

Nejedná se o multimetr jako takový, ale, jak již z názvu vypovídá, o kalibrační přístroj (Easy Temperature Calibrator). Jeho využití spočívá ke kalibraci a nastavení tepelně citlivých zařízení.



Obr.2.4Ametek ETC 400A [Ametek calibration instruments, 2012]

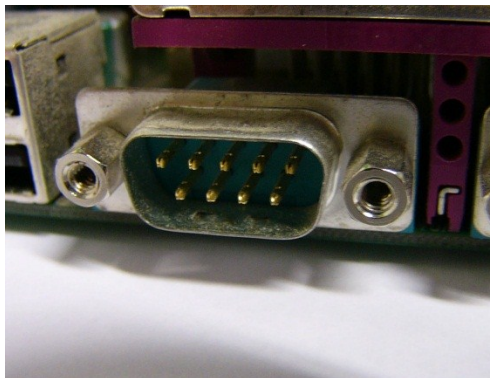
ETC 400A má možnost komunikace s PC pomocí kabelu RS 232, dodávaný software však slouží pouze pro nastavení funkčnosti jak tohoto modelu, tak i podobných typů ETC 400R a ETC 125.

3 MOŽNOSTI PŘIPOJENÍ MĚŘICÍCH PŘÍSTROJŮ K PC

Během doby se ustálily dva odlišné přístupy k propojení počítače s přístroji, které měří nebo ovládají fyzikální proces. Jedno mají společné. Obvykle se mezi počítačem a procesem přenášejí elektrické signály. První způsob představuje využití zásuvné karty umístěné uvnitř PC, která umožňuje měření a vysílání elektrických signálů. Druhým způsobem je použití samostatného měřicího nebo řídicího přístroje, který se připojí ke standardnímu vnějšímu portu počítače. Velmi často jsou to sériové porty RS 232 anebo USB. Obě varianty mají své výhody a nevýhody a uživatel se rozhodne podle konkrétní situace. V době rozmachu notebooků s velmi omezenými možnostmi připojení karet do vnitřních slotů se upřednostňují spíše samostatné přístroje vně počítače. Taková jednotka především neomezí mobilitu počítače a není nutné do počítače jakkoliv zasahovat. Počítač se jednoduše přinese k modelu nebo zařízení, kde probíhá proces, který se má měřit nebo regulovat, standardním komunikačním kabelem se propojí s měřicím přístrojem nebo akčním členem, a je připraven ke komunikaci. [Klán 2004]

3.1 Sériový port

Sériový port je jedním ze základních portů PC. Původně se využíval zejména na připojení počítačové myši a pro komunikaci s externími zařízeními (často s měřicími ústřednami atp.). Po vzniku portu PS/2 a posléze USB se již periférie jako počítačová myš k sériovému portu nepřipojují. Využití pro připojení měřicích zařízení v průmyslu je stále ještě aktuální. Oproti novým standardům jako např. USB totiž sériový port nabízí komunikaci na mnohem větší vzdálenost. V počítači je sériový port dnes nejčastěji vyveden pomocí tzv. CANON9 konektoru (viz Obr. 3.1). Konektory CANON mají vždy lichý počet kontaktů, které jsou uspořádány do lichoběžníku a neumožňují tak nesprávné zasunutí kabelu. Sériový port býval dříve také v provedení CANON25, ve všech provedeních se ale vždy jednalo o typ konektoru samec.[Kulhánek 2007]



Obr.3.1 CANON9 konektor pro sériový port

Základní vlastnosti sériového portu:

- Pro oboustrannou komunikaci potřebuje pouze 3 vodiče, některá zařízení mohou vyžadovat zapojení všech 9 vodičů.
- Přenosové rychlosti se udávají v baudech a existuje řada rychlostí, které může sériový port použít, tato řada je 300, 1200, 2400, 9600, 19200, 56000 a 112000 baudů. Pokud není řečeno jinak, jako implicitní rychlost sériového portu je vždy považováno 9600 baudů.
- Napěťové úrovně sériového portu jsou odlišné od napětí logických obvodů a nejčastěji se jedná o $\pm 12\text{V}$ (viz Obr. 3.2).

Se sériovým portem na platformě PC se pojí následující pojmy:

- COM XX – symbolické označení sériového portu v operačním systému. Označuje se jako COM1, COM2 ... počet sériových portů v PC je obvykle 1-2, pro počítače určené pro komunikaci s průmyslovými zařízeními po sériovém portu je možno instalovat rozšiřující karty pro komunikaci s např. 16 sériovými porty (potom COM1-COM16).
- RS232 (Recommended Standard 232) – jedná se o standard, podle kterého sériový port komunikuje. Existují i další podobné standardy pro sériovou komunikaci např. RS 422 nebo RS 485). Pojmem RS-232 také může být označován sériový port. [Kulhánek 2007, Vlach 2000]

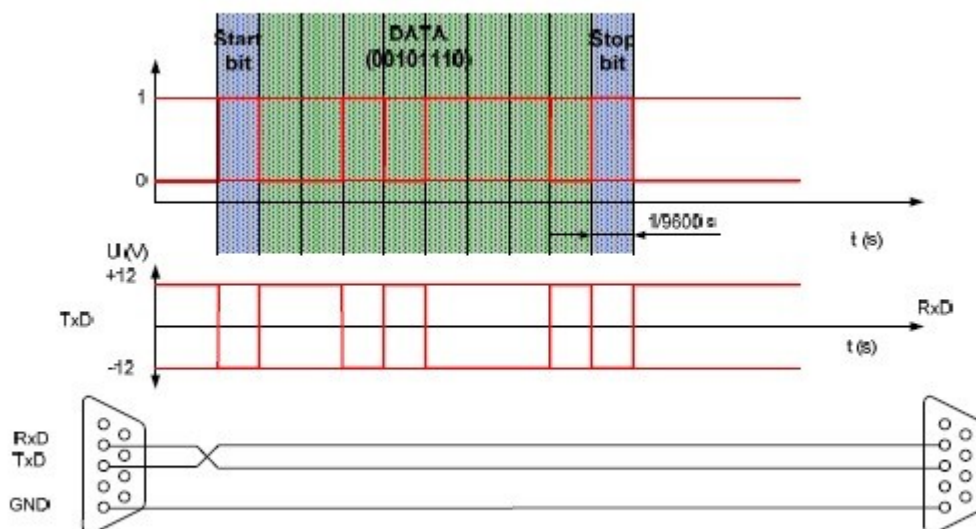
Princip sériové komunikace

Princip sériové komunikace je založen na zasílání jednotlivých bitů po jednom vodiči za sebou. Pro komunikaci jedním směrem tedy potřebujeme pouze jeden pár vodičů (signál a zem). Pro obousměrnou komunikaci pouze 3 vodiče (vysílání, příjem a zem).

Při sériové komunikaci je obvykle vysílač a přijímač různé zařízení, pro úspěšnou komunikaci je zapotřebí aby obě zařízení měly nastavené stejné parametry sériové komunikace. Parametry sériové komunikace jsou tyto:

- Přenosová rychlost v baudech – implicitně 9600 baudů.
- Počet přenášených bitů (5-9 bitů) nejčastěji se přenáší 8 bitů.
- Existence nebo neexistence paritního bitu pro kontrolu přenosu (implicitně bez paritního bitu).
- Počet tzv. stop bitů – 0, 1, 1.5 nebo 2 stopbity.

Implicitní nastavení sériové komunikace je 9600,8,N,1 – tedy rychlost 9600 baudů, 8 bitů, bez parity a jeden stopbit. [Kulhánek 2007]



Obr.3.2 Komunikace pomocí sériového portu [Kulhánek 2007]

Sériový laplink

Pojem laplink označuje typ kabelu, pro propojení dvou počítačů PC nebo podobných zařízení za účelem obousměrného přenosu dat. Nejjednodušší třívodičové zapojení je znázorněno na Obr. 3.2. Označení RxD znamená pin konektoru pro příjem (Receive Data), TxD je označení vysílání (TransmitData) a GND je označení země (Ground). Jak je vidět vysílací a přijímací vodiče musí být překříženy.[Kulhánek 2007]

3.2 USB

Zkratka znamená Universal Serial Bus, tedy univerzální sériová sběrnice(port). USB na platformě PC je nástupcem řady dosavadních portů, jako COM, LPT, PS/2 a v zásadě díky své univerzálnosti může nahradit libovolný port. Na notebookech již je často USB jediným použitelným portem. USB sběrnice funguje v režimu 1 x USB řadič – až 127 USB zařízení. Tento princip předpokládá, že USB řadič se mohou připojovat pouze USB zařízení, pokud je jich více tak se připojují ve formě stromu. V důsledku toho není přímo možné propojit dva počítače PC pomocí USB (na jednom kabelu nemohou být dva USB řadiče) a také není možné například propojit dohromady 2 USB zařízení (např. fotoaparát s mobilem atp.), protože by na kabelu chyběl USB řadič.[Kulhánek 2007]

Základní vlastnosti USB:

- Komunikace probíhá sériovým způsobem.
- Port v sobě obsahuje zdroj napájení pro připojená zařízení.
- Jeden řadič USB umožňuje připojit až 127 USB zařízení.
- Port podporuje PnP (Plug and Play) technologii a umožňuje zařízení připojovat a odpojovat zachodu počítače.

V současné době jsou nejrozšířenější tyto verze USB rozhraní:

- USB 1.1 – verze USB z roku 1998, která se masivně rozšířila na platformě PC. Hlavním omezením této verze je rychlost, které maximálně dosahuje 12 Mb/s.
- USB 2.0 – tato verze USB existuje od roku 2000, obsahuje řadu doplňkových inovací, zásadní změnou oproti verzi 1.1 je ale přenosová rychlost, která může být až 480 Mb/s.[Kulhánek, 2007]
- USB 3.0 – ke dnešnímu dni nejnovější verze USB. Přenosová rychlost až 4,8Gb/s. Umožňuje plně duplexní přenosy dat, řízenou dodávku potřebné energie. [Everything USB, 2011]



Obr.3.3 Různé typy USB konektorů, zleva: micro USB, mini USB, typ B, samice typ A, typ A

3.3 GPIB

Propojovací soustava umožňuje propojování a vzájemnou součinnost funkčních jednotek systému. Používá 8 vodičů informačních, po kterých se přenáší data oběma směry, dále pak adresy funkčních jednotek systému a vícevodičové signály. Dále obsahuje dalších 8 vodičů, z nichž tři zajišťují přenos zpráv po vodičích, zbylých pět je určeno pro jednovodičové zprávy.[VŠCHT Praha, 2011]



Obr.3.4 GPIB konektor[National instruments, 2012]

Základní vlastnosti GPIB:

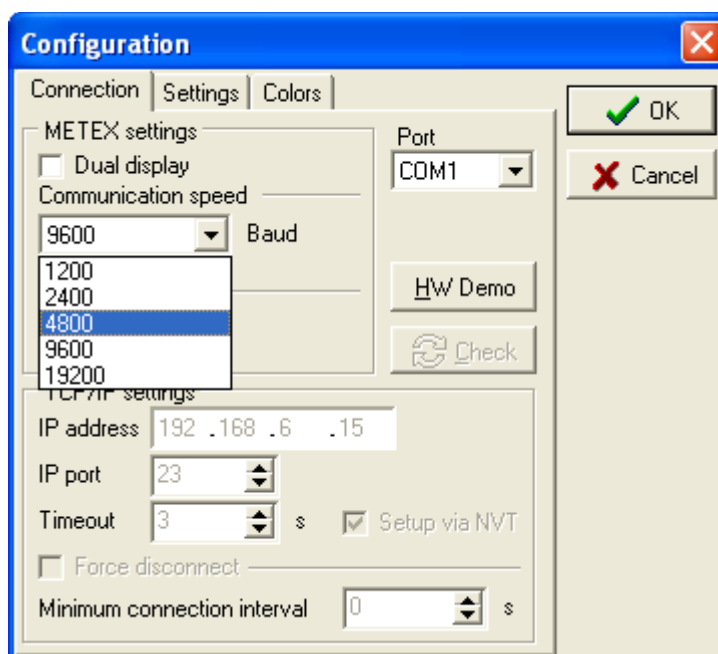
- Celkový počet funkčních jednotek zapojených v systému – max. 15.
- Celková max. délka sběrnice – 20 m.
- Max. vzdálenost mezi dvěma funkčními jednotkami – 2 m.
- Počet vodičů sběrnice – 24 (8 datových, 3 pro řízení přenosu dat, 5 pro vysílání jednovodičových zpráv, 8 zemních vodičů).
- Max. přenosová rychlost – 1 MB/s (typicky podstatně nižší – 250 až 500 kB/s).
- Elektrické úrovně signálu – TTL, L ($< 0.8\text{ V}$), H ($> 2.0\text{ V}$).
- Logické úrovně signálu – log. 1 (TRUE) \sim L, log. 0 (FALSE) \sim H.[TU Liberec, 2012]

4 KOMUNIKACE PŘÍSTROJŮ S PC

Stávající postup práce měření s multimetry spočíval v ručním odečítávání měřených hodnot a jejich zapisování ať už přímo do Excelovských sešitů nebo na papír. Aby bylo možné tento proces automatizovat a zajistit propojení měřicího přístroje s PC je potřeba nalézt a nakonfigurovat ovladače případně software k tomu určený.

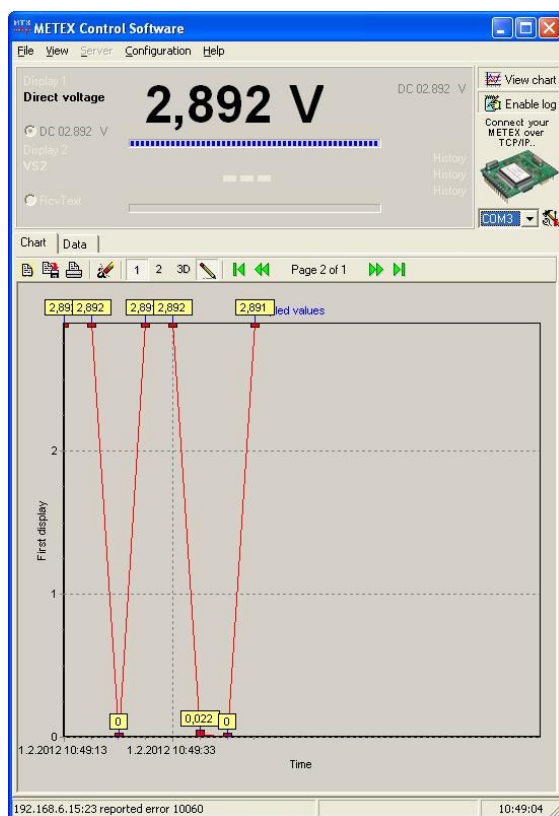
4.1 Metex MXD-4660A

Na internetové stránce http://www.hw.cz/ethernet/charon_metex se nachází volně šiřitelný klient aplikace *Metex Control Software*. Jedná se o program, který po připojení multimetru přes RS 232 čte aktuální měřené hodnoty, zapisuje je do tabulky a v reálném čase z nich vykresluje graf.



Obr. 4.1.1 Nastavení parametrů programu *Metex Control Software*

Nastavení programu je velice jednoduché, po navolení přenosové rychlosti, portu, na který je přístroj připojen a následně periody (v záložce Settings), se kterou se mají hodnoty odečítat, je možno začít s měřením. Záložka Colors slouží k navolení barevného schématu pro vykreslování grafu. Toto nastavení je již nepovinné. Pokud je měřicí přístroj vybaven duálním displejem, lze zaškrtnout volbu Dual display a budou odečítána a zobrazována data z obou displejů současně.

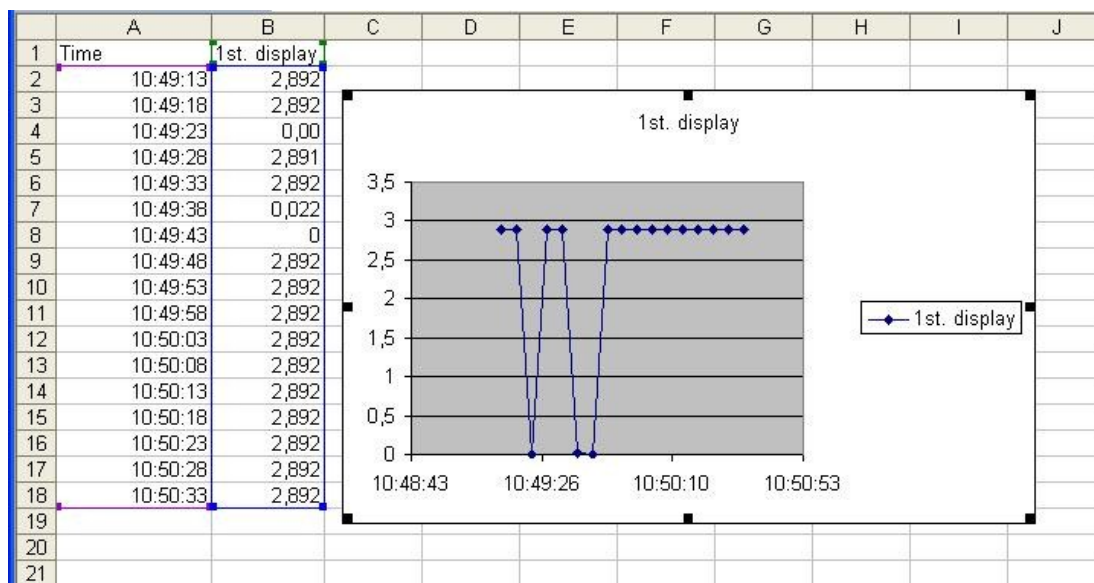


Obr.4.1.2 Vykreslování čtených hodnot v reálném čase

Time	1st. display	2nd. display	Special	Special
1.2.2012 10:49:13	2,892 V			
1.2.2012 10:49:18	2,892 V			
1.2.2012 10:49:23	0 h21e			
1.2.2012 10:49:28	2,891 h21e			
1.2.2012 10:49:33	2,892 h21e			
1.2.2012 10:49:38	22 mh21e			
1.2.2012 10:49:43	0 V			
1.2.2012 10:49:48	2,891 h21e			
1.2.2012 10:49:53	2,892 h21e			
1.2.2012 10:49:58	2,892 h21e			
1.2.2012 10:50:03	2,892 h21e			
1.2.2012 10:50:08	2,892 h21e			
1.2.2012 10:50:13	2,892 h21e			

Obr.4.1.3 Tabulka s naměřenými hodnotami

S takto vytvořeným grafem však není možnost pracovat, proto lze označený soubor hodnot tlačítkem zkopírovat do schránky a vložit do libovolného tabulkového nebo textového procesoru.



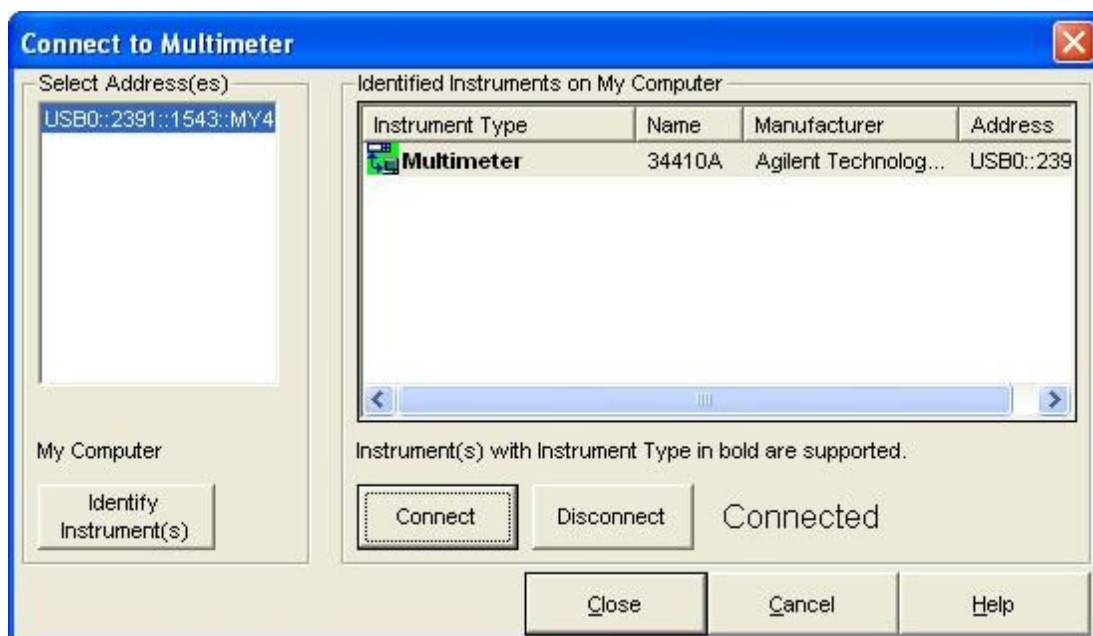
Obr.4.1.4 Data zkopírována do prostředí MS Excel

4.2 Agilent 34410A

Na výrobcem dodávaném CD se nachází krátké vzorové programy v programovacím jazyku C, kde je ukázáno, jak dochází k vzdálenému nastavení parametrů přístroje jako přepínání měřicích rozsahů nebo druhu měřené veličiny, čtení aktuálních naměřených hodnot a jejich zobrazení na monitoru počítače. Úskalí těchto ukázek spočívá v tom, že slouží k programování komunikace přes sběrnici GPIB. Toto představuje jistý problém, protože tento port se již na moderních počítačích takřka nevyskytuje.

Druhá možnost pak byla využití programu Intuilink, taktéž nacházejícím se na tomto CD, která spočívá ve využití předpřipraveného makra v prostředí MS Excel. Komunikace mezi počítačem a multimetrem probíhá přes kabel USB.

Softwarové připojení probíhá přes jednoduché dialogové okno:



Obr.4.2.1 Dialogové okno pro připojení a identifikaci měřicího přístroje

Nastavení parametrů pro čtení měřených hodnot je již mnohem sofistikovanější než v předcházejícím případě pro multimetry Metex. Čtení hodnot lze spouštět okamžitě po stisknutí tlačítka nebo naplánovat na předem definovaný čas. Navolením periody čtení a počtu požadovaných hodnot, případně doby, po kterou se má čtení hodnot provádět, je základní nastavení dokončeno. V záložce Chart se pak nachází specifikace pro vytváření druhu grafu a jeho umístění.

Set up/Run Logging Worksheet

Logging | Chart

Begin Logging Data

☒ Immediately

☐ At Time: 1.2.2012 10 hh 09 mm 31 ss

☐ On Receiving External trigger

With Interval of: 0 hh 0 mm ,5 ss.s

Terminating Upon:

☒ Number of Readings 20

☐ Duration 0 hh 0 mm 10 ss

OK Cancel

Obr.4.2.2 Nastavení parametrů pro čtení měřených hodnot

Set up/Run Logging Worksheet

Logging | Chart

Chart Type

☐ No Chart

☐ Graph

☒ Strip Chart

Number of Data Points 20

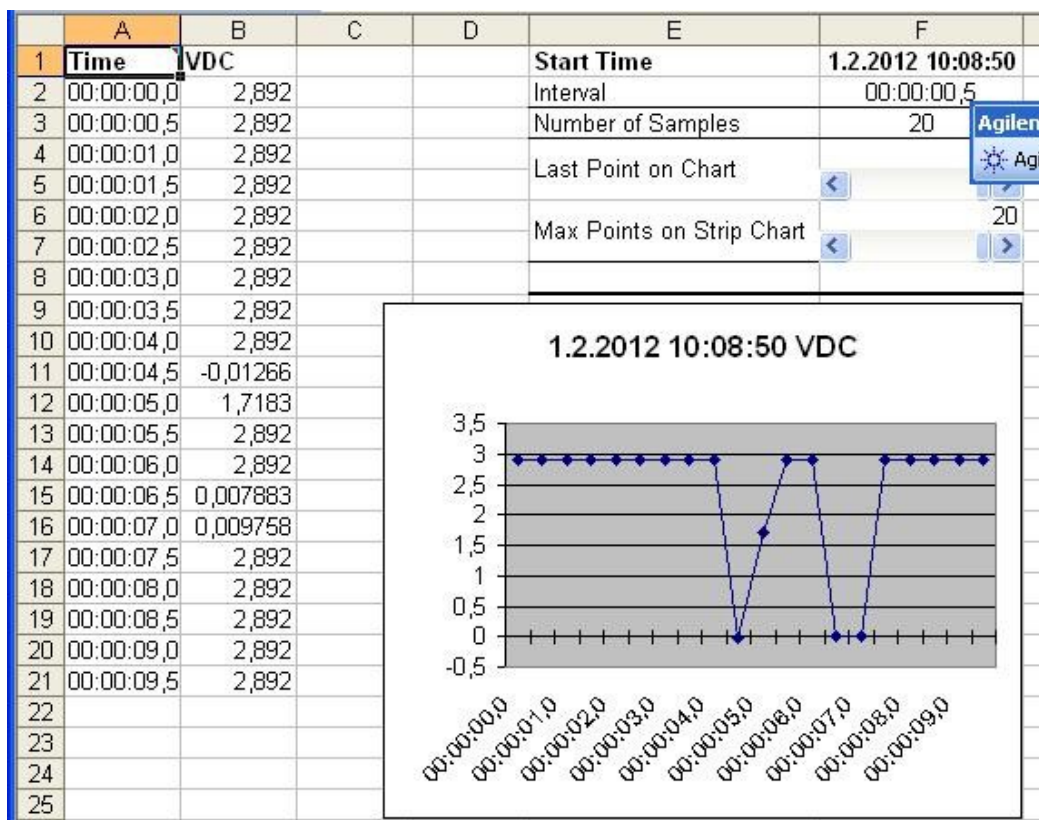
Place charts in ...

☐ Separate Sheet

☒ Same Sheet

OK Cancel

Obr.4.2.3 Nastavení grafu



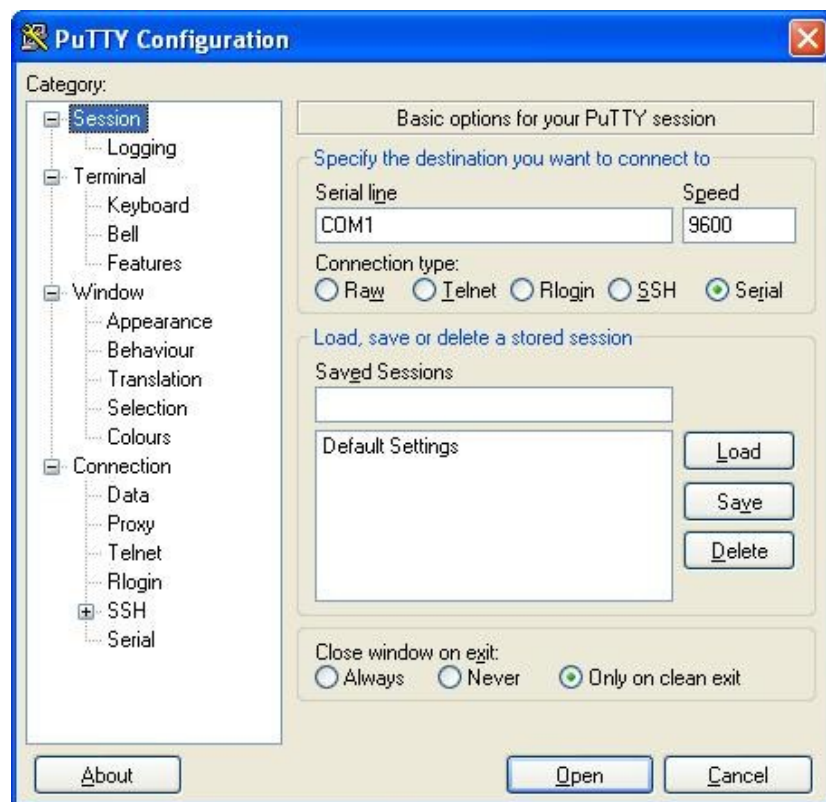
Obr.4.2.4 Výsledek zkušební měření s těmito parametry: 20 hodnot, vzorkovací perioda 0.5 s, graf do stávajícího listu

4.3 Escort 3146A

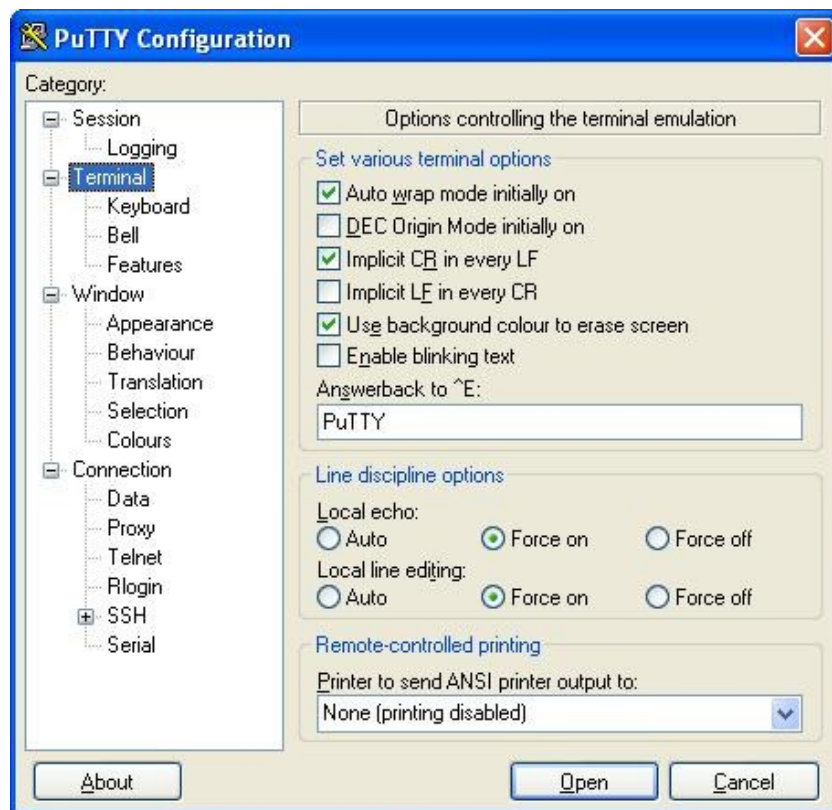
V manuálu k měřicímu přístroji jsou uvedeny dva vzorové programy pro nastavení měřicího rozsahu přístroje, následné přečtení naměřené hodnoty a její zobrazení na monitoru počítače. Jedná se o ukázky v programovacím jazyku C a BASIC. Avšak v obou případech se programy odvolávaly na externí knihovny, které nebyly přiloženy, proto bylo potřeba najít alternativy.

První z alternativ je volně šiřitelný klient PuTTY. Jedná se o dnes již docela archaický nástroj, kde zadávání jednotlivých příkazů probíhá na příkazovém řádku. Pro svou jednoduchost a univerzálnost se však stále drží uživatelské oblibě.

Nastavení klienta pro komunikaci pomocí RS 232 s měřicím přístrojem je zobrazeno na následujících obrázcích:

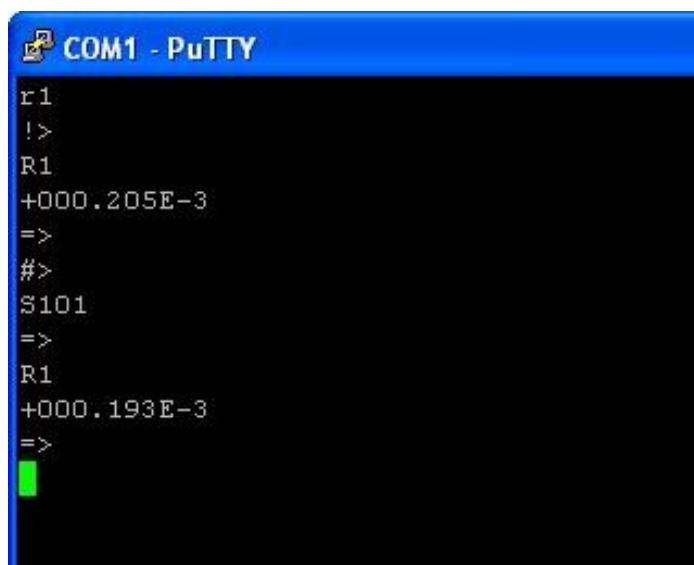


Obr.4.3.1 Nastavení PuTTY – definice portu, přenosové rychlosti



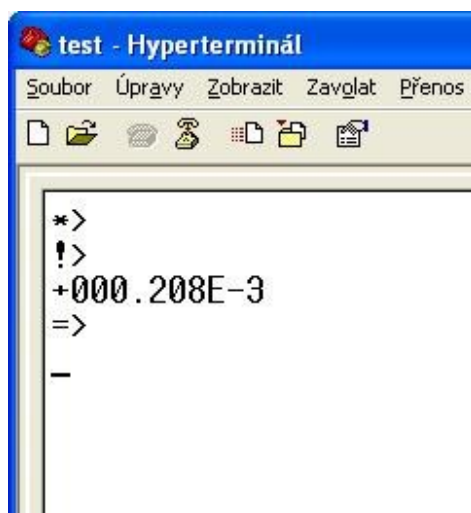
Obr.4.3.2 Nastavení PuTTY – dodatečné nastavení komunikace vyplývající ze specifikací přístroje uvedených v manuálu

Provedena ukázka nastavení měřicího rozsahu multimetru na měření stejnosměrného napětí v mV (příkaz *S101*) a získání aktuální hodnoty displeje (příkaz *R1*). $U=0.193 \cdot 10^{-3} V$. Ukázka prováděna bez připojeného měřeného obvodu.



Obr. 4.3.3 Okno příkazového řádku

Na velmi podobném principu jako PuTTY pracuje Hyperterminál, aplikace, která byla až do verze Windows XP součástí operačního systému. Stejně jako PuTTY má uživatel možnost nastavovat a řídit komunikaci po sériové lince příkazovým řádkem uvnitř grafického uživatelského rozhraní.



Obr.4.3.4 Hyperterminál – příkazový řádek

Tyto dva příklady jsou však již dnes z důvodu vývoje operačního systému zastaralé, proto bylo potřeba najít jiné možnosti, jak zajistit komunikaci mezi měřicím přístrojem a PC.

Nejširší možnosti automatizování získání souboru dat pro Escort 3164A zajistil program napsaný v programovacím jazyku C. Vytvořená aplikace zajišťuje základní komunikaci multimetr-PC bez možností nastavování multimetru.

Následující ukázka zobrazuje tělo algoritmu pro odeslání řídicích příkazů pro multimetr, konkrétně parametr *RI*, na který multimetr odpoví vrácením okamžité měřené hodnoty.

```
// Otevru port
if(PortInitialize("COM1", 9600, NOPARITY, ONESTOPBIT) == FALSE)
    return 1;
// Ctu znaky dokud nezadam EOF
do
{
    character = getchar();           // jeden znak z klavesnice
    // character = getchar(CR);
    // character = getchar(LF);
    PortWrite('R');                  // a poslu jej na port
    PortWrite('1');                  // a poslu jej na port
    //PortWrite('0');
    // PortWrite('1');
    PortWrite(CR);
    PortWrite(LF);
    cByteRead = PortRead(buffer);    // prectu data z portu
    for(i=0; i<cByteRead; i++)        // a vsechny je vypisu na obrazovku
        putchar(buffer[i]);
}while(character != EOF);           // dokud neni EOF
PortClose(hPort);                  // Uzavrenim koncim.
return 0;
```

Obr.4.3.5 Základní tělo algoritmu

5 ROZŠÍŘENÍ STÁVAJÍCÍCH KOMUNIKAČNÍCH MOŽNOSTÍ

Provedl jsem detailnější rozbor komunikačních možností pro získávání dat měřených multimetrem Agilent 34410A a Metex MXD-4660A.

5.1 Agilent 34410A

Díky vytvořenému makru pro prostředí MS Excel je získávání měřených dat pomocí multimetru Agilent velmi jednoduché, spolehlivé, ovládání je intuitivní. Velkou výhodou je, že nastavení parametrů měření vychází právě z prostředí MS Excel, tudíž lze naměřená data okamžitě zpracovávat bez nutnosti spouštění dalších programů.

5.2 Metex MXD-4660A

Po dalším testování multimetru Metex se aplikace Metex Control Software ukázala jako nevhodná pro širší laboratorní využití. První z problémů, které tato aplikace vykazuje, je nemožnost získání jednotlivých dat v přesně dané časové okamžiky. Aplikace po připojení přístroje k PC začne okamžitě načítat data bez ohledu na to, zda je přístroj doopravdy připojen k měřenému obvodu, či nikoliv. S ohledem na nastavenou frekvenci čtení hodnot tak získáváme značně rozsáhlý soubor dat, ve kterém je velmi složitá orientace. Jako druhý neméně závažný problém je formát exportu dat. Program by správně měl fungovat tak, že zaznamenaná velikost měřené veličiny a přidá odpovídající jednotku. Ve skutečnosti je přiřazování jednotek chybné, program zcela náhodně vkládá řetězec *h2le*, tudíž se ztrácí údaj potřebný k identifikaci hodnoty. Vzhledem k náhodnosti a velmi velké četnosti neexistuje způsob, jak tento řetězec automaticky eliminovat a přiřadit správnou jednotku. Jediná možnost, jak toto obejít, je vytvořit makro, které by odmazalo jakékoliv znaky, které netvoří přímo samotný údaj a zanechalo pouze absolutní hodnoty. Zde však dochází ke ztrátě informace o řádech naměřených hodnot. Tento směr získávání naměřených dat tedy laboratorním podmínkám nevyhovuje.

6 MULTIMETR ESCORT

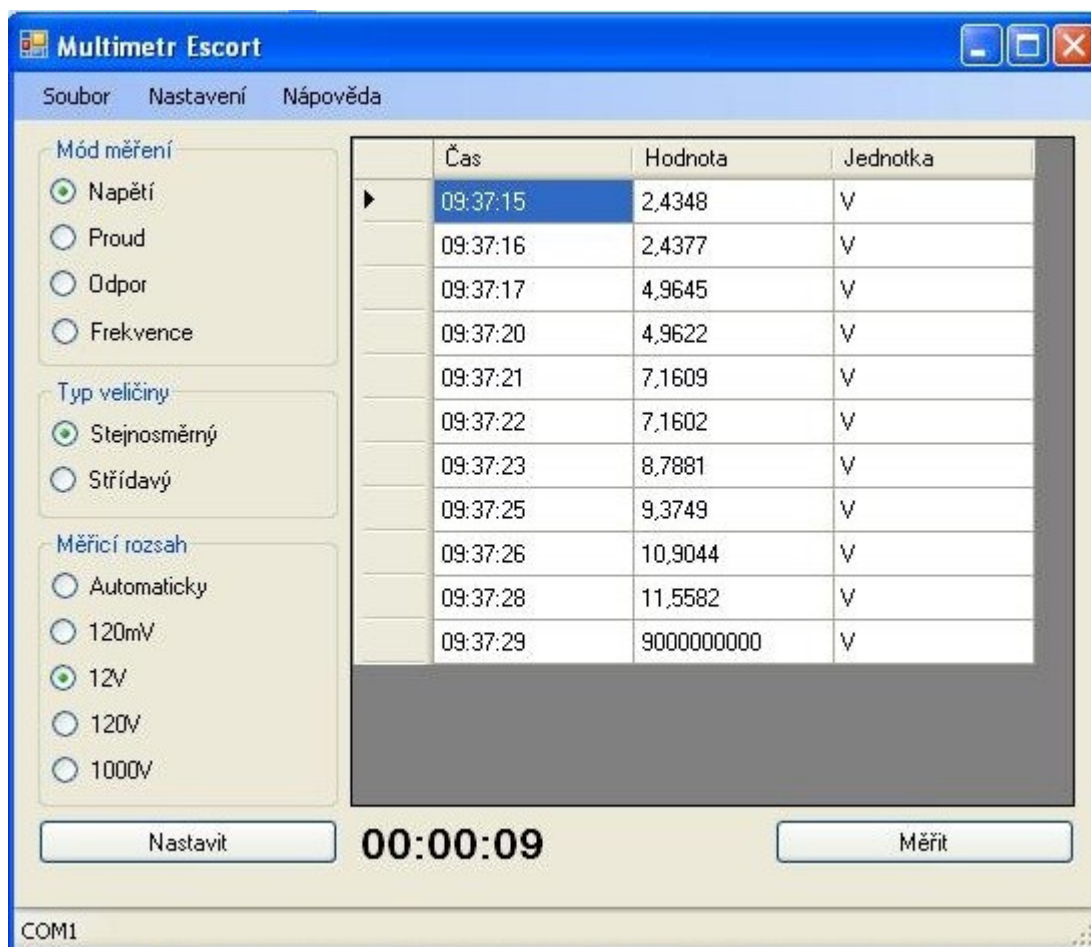
Při další práci týkající se programového vybavení pro multimetr Escort 3146A jsem vycházel z již dříve vytvořeného algoritmu pro komunikaci po sériové lince. Měřicí cyklus jsem více automatizoval a program rozšířil o možnosti opakovaného čtení hodnot, možnosti nastavení typu měřené veličiny a následné ukládání získaných dat do textového souboru, ze kterého lze data zkopírováním přenést do prostředí MS Excel pro jejich následnou analýzu. Vzhledem k tomu, že zdrojový kód byl psán v programovacím jazyce C, jednalo se o konzolovou aplikaci a obsluha programu se stále odehrávala na úrovni příkazové řádky. Toto je systém již dnes dávno překonaný a není uživatelsky příjemný, obsluha musí být detailněji seznámena s komunikačním protokolem multimetru. Proto jsem využil možnosti objektového programování v jazyce C#, který již umožňuje vytvoření příjemného uživatelského rozhraní.

Provedl jsem restrukturalizaci původního komunikačního algoritmu pro potřeby programovacího jazyku C# v prostředí MS Visual Studio, seznámil jsem se s možnostmi a zákonitostmi objektového programování v rámci tohoto nástroje a následně jsem navrhnul a realizoval uživatelské prostředí, které zajišťuje vzdálené ovládání digitálního multimetru pomocí PC.

Multimetr Escort

Po připojení multimetru k PC dojde k jeho automatickému přepnutí do režimu vzdáleného řízení a od této doby je již možné jej plně ovládat pomocí programu *Multimetr Escort*. Za předpokladu, že s přístrojem po zapnutí nebylo manipulováno, je obecně nastaven pro měření stejnosměrného elektrického napětí v automatickém rozsahu. Takto je po startu nastaven i *Multimetr Escort*. Za předpokladu, že je multimetr připojen na COM1, lze začít se samotným měřením.

Hlavní okno programu tvoří: horní nástrojová lišta s rozbalovacími místními nabídkami, funkcionálita je stejná s jinými aplikacemi určenými pro prostředí MS Windows; ovládací oblast, kde dochází k nastavení parametrů měřicího přístroje; zobrazovací oblast, kterou tvoří tabulka s naměřenými hodnotami a časovač; interaktivní část, zastoupená tlačítky Nastavit a Měřit, po jejichž stisknutí přímo dojde k vyslání příslušného příkazu přístroji.



Obr. 6.1 Hlavní okno programu *Multimetr Escort*

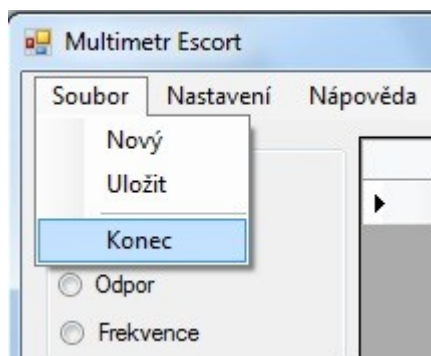
Možnosti programu *Multimetr Escort*:

- měření stejnosměrného/střídavého elektrického proudu/napětí
- měření odporu, frekvence
- tabulkové zobrazování naměřených hodnot, jejich export do textového/XML souboru
- zobrazování času od posledního měření

Popis jednotlivých částí programu *Multimetr Escort*:

- lišta Soubor/Nastavení/Nápověda

Jedná se o klasickou ovládací lištu, na kterou jsme zvyklí z prostředí MS Windows. Kliknutím na jednotlivá tlačítka se rozbalí místní nabídky s dalšími volbami.



Obr. 6.2 Rozbalené tlačítko Soubor

Soubor -> Nový/Uložit/Konec (nové měření; uložení stávajících hodnot; ukončení programu)

Nastavení -> COM port -> COM1 – COM10 (nastavení COM portu, na kterém je multimetr připojen)

Nápověda -> O programu (informace o programu, seznam klávesových zkratk)

- Mód měření, Typ veličiny, Měřicí rozsah

Jedná se o seznamy možných nastavení přístroje, kdy v každé jednotlivé části může být aktivní právě jedna zvolená položka, suplují nastavení pomocí tlačítek přímo na čelním panelu samotného multimetru. Položky Měřicího rozsahu se mění v závislosti na zvoleném Módu měření, po navolení žádaného nastavení je potřeba stisknout tlačítko Nastavit, kdy se odešle příkaz multimetru a dojde k fyzické změně jeho nastavení. Vzhledem k tomu, že k samotnému nastavení přístroje nedojde okamžitě, dojde po stisknutí tlačítka Nastavit k dočasné deaktivaci všech tlačítek. Po třech sekundách dojde k jejich opětovné aktivaci.

- Tabulka s naměřenými hodnotami

Stisknutím tlačítka Měřit dojde k přečtení aktuální hodnoty displeje multimetru a přidání záznamu do tabulky ve formátu: aktuální čas, hodnota měřené veličiny, jednotka. Současně se vynuluje časovač umístěný pod tabulkou, který zobrazuje čas od posledního měření, tudíž lze snadno provádět opakovaná měření s určitou časovou periodou.

- Informace o připojení

V levém spodním rohu hlavního okna se nalézá informativní údaj, na kterém portu je připojen měřicí přístroj.

Další funkce:

- Bezpečnost

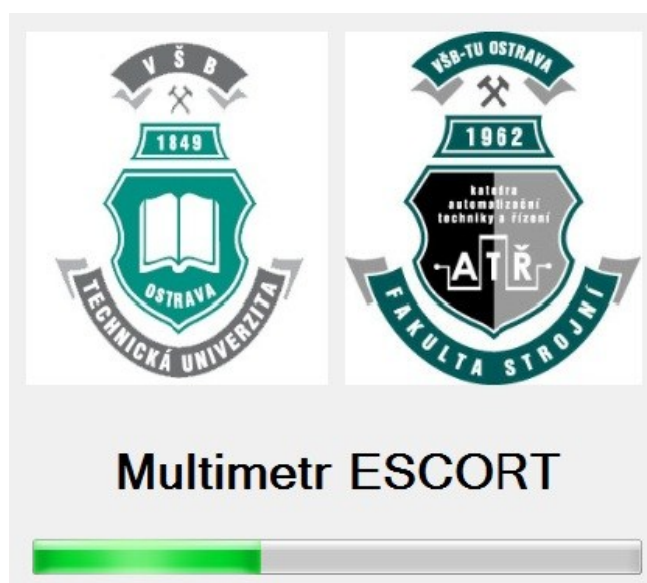
Aby nedošlo k náhodné ztrátě naměřených dat, vždy při volbě Nový/Ukončit vyskočí dialogové okno, zda chce uživatel uložit naměřená data.



Obr. 6.3 Dialogové okno s výzvou pro uložení naměřených dat

- Úvodní obrazovka

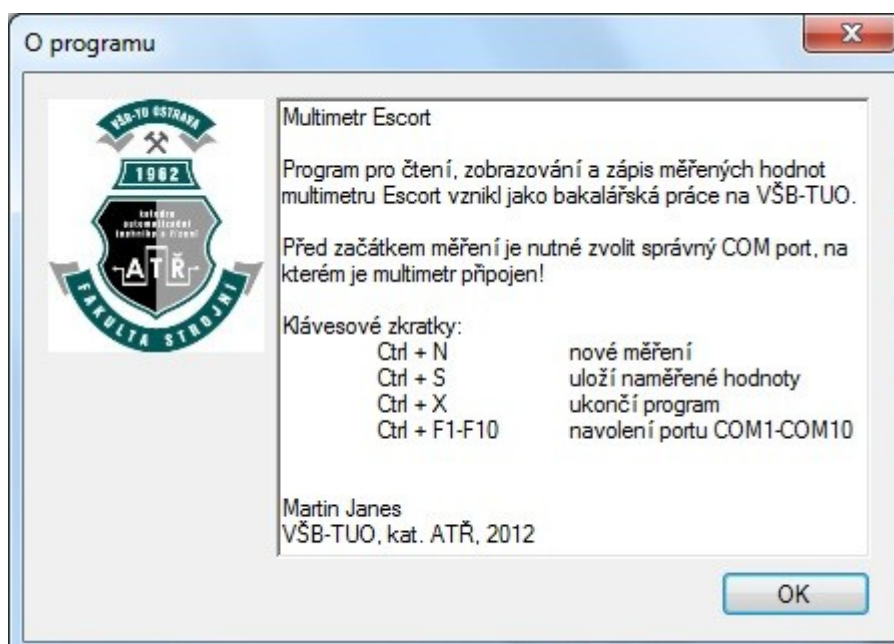
Při spuštění programu dojde k zobrazení úvodního okna s názvem programu a logem VŠB-TUO a katedry ATŘ.



Obr. 6.4 Úvodní obrazovka

- Okno O programu

Navolením Nápověda -> O programu dojde k zobrazení informativního okna mj. s informacemi o použitých klávesových zkratkách.



Obr. 6.5 Informativní okno O programu

- Editovatelnost tabulky

Pokud dojde v průběhu měření k situaci, že změříme hodnotu, kterou nechceme následně exportovat, lze z Tabulky s naměřenými hodnotami tento řádek vybrat a následně stisknutím tlačítka Delete na klávesnici tento záznam odstranit.

Ukázka kódu

Jedná se o programovou část, kde dochází k vytváření příkazu pro změnu nastavení měřicího přístroje. Příkaz je tvořen čtyřmi znaky – *S123*:

- S – příznak pro nastavovací příkaz
- první číslice – primární/sekundární displej
- druhá číslice – definice měřené veličiny
- třetí číslice – nastavení měřicího rozsahu.

Např. nastavení multimetru pro měření střídavého elektrického proudu s automatickým rozsahem: *S150*.


```

public void SwitchMode(ttyClientModes mode, ttyClientDirection dir,
ttyClientRozsah range)
{
    string cmd = "S1";
    if (dir == ttyClientDirection.Stejnosmerny)
    {
        switch (mode)
        {
            case ttyClientModes.Napeti:
                cmd += "0";
            break;

            case ttyClientModes.Proud:
                cmd += "4";
            break;

            case ttyClientModes.Odpor:
                cmd += "2";
            break;

            case ttyClientModes.Frekvence:
                cmd += "7";
            break;
        }
    }
    else
    {
        switch (mode)
        {
            case ttyClientModes.Napeti:
                cmd += "1";
            break;

            case ttyClientModes.Proud:
                cmd += "5";
            break;

            case ttyClientModes.Odpor:
                cmd += "2";
            break;

            case ttyClientModes.Frekvence:
                cmd += "7";
            break;
        }
    }
    switch (mode)
    {
        {
            case ttyClientModes.Napeti:
                switch (range)
                {
                    case ttyClientRozsah.Auto:
                        cmd += "0";
                    this.Prefix = "";
                    break;
                    case ttyClientRozsah.Hodnota1:
                        cmd += "1";
                    this.Prefix = "";
                    break;
                    case ttyClientRozsah.Hodnota2:

```

```

                                cmd += "3";
this.Prefix = "";
break;
casettyClientRozsah.Hodnota3:
                                cmd += "4";
this.Prefix = "";
break;
casettyClientRozsah.Hodnota4:
                                cmd += "5";
this.Prefix = "";
break;
                                }
break;
}

this.SendMessage(cmd);
this.ReadMessage();
}

```

7 ÚLOHY LABORATOŘE H306

V rámci předmětu Automatizační technika měří studenti tyto laboratorní úlohy:

- Vyhodnocení náhodných chyb při měření tlaku
- Fotoelektrické snímače
- Součinitel odporu Pt-100
- Zapojení termistorového a diodového teploměru
- Zapojení snímačů polohy
- IRC snímač
- Měření a řízení teplovzdušného modelu TVM

Úlohy, ve kterých dochází k měření veličin externím digitálním přístrojem jsou dvě: Součinitel odporu Pt-100 a Zapojení snímačů polohy (pro část se spojitými snímači). Program *Multimetr Escort* je vhodným doplňkem do měřicího řetězce, usnadní a zrychlí měřicí cyklus. Pro obě úlohy přikládám jejich modifikované návody do cvičení. Obecně lze program využít ve všech případech, kdy dochází k měření sledovaných veličin externím digitálním přístrojem.

7.1 Součinitel odporu Pt-100

Zadání

1. Vypočtete hodnotu součinitele platinového odporového teploměru Pt-100 v rozmezí asi 20°C – 95°C .
2. Vypočtete výslednou náhodnou chybu $\delta\alpha_s$ (absolutní a relativní), a určete, která z měřených veličin nejvíce ovlivní výslednou chybu.

Teoretický úvod

a) Měření teploty odporovými teploměry je založeno na změně elektrického odporu vodiče při změně jeho teploty. Každé změně teploty v malém rozmezí odpovídá změna odporu, kterou odvodíme ze známého vztahu mezi odporem kovu a teplotou:

$$R_2 = R_1(1 + \alpha_s(t_2 - t_1)), \quad (1)$$

Kde

R_1, R_2 – hodnoty odporů při teplotách t_1, t_2

t_1, t_2 – měřené teploty

α_s – součinitel odporu v rozmezí teplot $t_1 - t_2$

Z uvedené rovnice pak:

$$\alpha_s = \frac{\frac{R_2}{R_1} - 1}{t_2 - t_1}, \quad (2)$$

Pro maximálně přesné zjištění součinitele odporu α_s je nutno vycházet z přesného měření jednotlivých odporů platinového odporového teploměru.

b) Při měření teploty rtuťovým teploměrem se většinou měří při úplně ponořeném teploměru, pokud na teploměru není stanoveno jinak. Pokud není proveden úplný ponor teploměru, je nutno provést přepočít na ochlazení vyčnívajícího rtuťového plátna a kapiláry. Při korekci se bere v úvahu rozdíl měřené teploty a teploty okolí teploměru ($t_2 - t_0$), délka vyčnívajícího vlákna rtuti vyjádřená počtem “vyčnívajících” stupňů (n) a druh skla, který určuje součinitel roztažnosti rtuti ve skle α_0 .

Korekce se vypočte :

$$\Delta t = \alpha_0 (t_2 - t_1) n, \quad (3)$$

A správná hodnota teploty :

$$t_{2s} = t_2 + \Delta t, \quad (4)$$

Součinitel α_0 se pro běžné případy volí $\alpha_0 = 1/6300$. Pro speciální druhy skla, mající zvláštní zabarvení nebo vtavený barevný pásek, jsou tyto součinitele předepsány. Při měření se okolní teplota zjišťuje asi uprostřed vyčnívajícího rtuťového vlákna.

c) Počítáme-li hodnotu součinitele odporu, který je funkcí více naměřených veličin (t_1, t_2, R_1, R_2), bude výsledná hodnota dána vztahem (2).

Jestliže je každá naměřená veličina (t_1, t_2, R_1, R_2) zatížena náhodnou chybou $\pm S_{\bar{x}}(t_1), \pm S_{\bar{x}}(t_2), \dots, \pm S_{\bar{x}}(R_2)$, pak výsledná náhodná chyba absolutní

je dána vztahem (5):

$$\delta \alpha_s = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial \alpha_s}{\partial t_1} S_{\bar{x}}(t_1) \right)^2 + \left(\frac{\partial \alpha_s}{\partial t_2} S_{\bar{x}}(t_2) \right)^2 + \left(\frac{\partial \alpha_s}{\partial R_1} S_{\bar{x}}(R_1) \right)^2 + \left(\frac{\partial \alpha_s}{\partial R_2} S_{\bar{x}}(R_2) \right)^2} \quad (5)$$

Kde náhodné chyby arytmičických průměrů jsou dány vztahem (6) :

$$\begin{aligned}
 S_{\bar{x}}(t_1) &= \pm 3 \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\bar{t}_1 - t_1)^2} \\
 &\vdots \\
 S_{\bar{x}}(R_2) &= \pm 3 \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\bar{R}_2 - R_2)^2}
 \end{aligned} \tag{6}$$

Při měření teploty rtuťovým teploměrem musíme uvažovat mimo náhodné chyby měření ($\pm S_x(t_1), \dots$) ještě systematickou chybu teploměru, která je dána jeho rozlišovací schopností $SR(t_1)$ (polovina nejmenšího dílku na stupnici teploměru). Proto výsledná chyba měření teploty, jež bude dosazena do (5), bude mít tvar:

$$S_v(t_1) = \pm \sqrt{[S_{\bar{x}}(t_1)]^2 + [S_R(t_1)]^2}, \tag{7}$$

a vztah pro výpočet výsledné náhodné chyby absolutní :

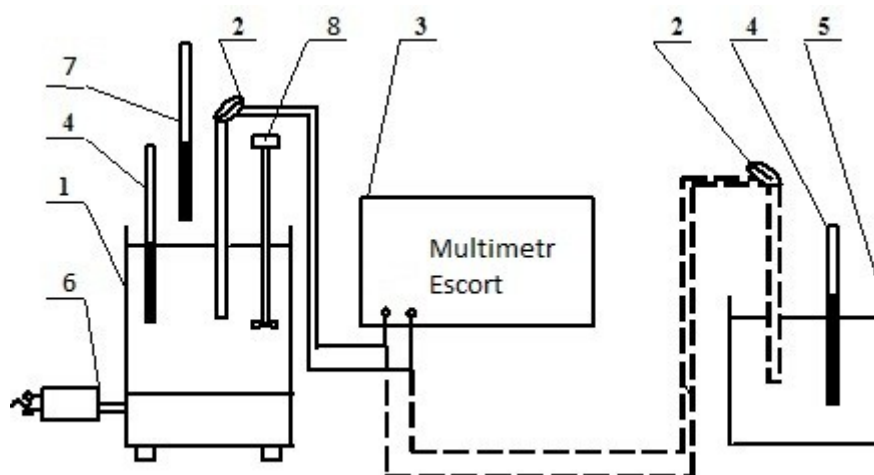
$$\delta\alpha_s = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial\alpha_s}{\partial t_1} S_v(t_1)\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha_s}{\partial t_2} S_v(t_2)\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha_s}{\partial R_1} S_{\bar{x}}(R_1)\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha_s}{\partial R_2} S_{\bar{x}}(R_2)\right)^2} \tag{8}$$

Výsledná chyba relativní je dána vztahem:

$$\Delta\alpha_s^{\%} = \frac{\delta\alpha_s}{\alpha_s} \cdot 100[\%], \tag{9}$$

Popis zařízení

Ve vytápěné nádobě (1) je umístěn platinový odporový teploměr (2) a rtuťový kontrolní teploměr (4) a teploměr korekční (7). Odpor platinového teploměru je měřen digitálním multimetrem Escort (3). Po změření hodnoty odporu v horké vodě je možno teploměr (1) přemístit do nádoby (5) se studenou vodou, kde je teplota kontrolována rtuťovým teploměrem (4).



Obr. 1 Měření součinitele odporu

1 – nádoba s horkou vodou, 2 – odporový teploměr, 3 – Multimetr Escort,
4 – teploměr, 5 – nádoba se studenou vodou, 6 – regulační transformátor,
7 – korekční teploměr, 8 - míchadlo

Postup práce

1. Měřený teploměr je v chladné vodě. U nádoby s ohřívanou vodou zapnout topení, a udržovat teplotu vody co nejstabilnější. Tuto teplotu zvolte v rozmezí 70 – 95°C. Mezitím měřit 10x odpor teploměru v chladné vodě. Po této sérii měření přemístit odporový teploměr do horké vody, nechat ustálit a opět měřit 10x. Na rtuťových teploměrech odečíst teplotu měřených prostředí. Pro přesnější odečet je možno vždy jemně na teploměr poklepat. Zároveň je nutno brát v úvahu teplotu okolí a vyčnívající sloupec rtuti (výpočet korekce na vyčnívající sloupec rtuti dle vztahu (3)).
2. Z jednotlivých měření se vypočte aritmetický průměr a jeho chyba, u skleněných teploměrů se uvede rozlišovací schopnost. Při měření odporu teploměru je nutno odečíst odpor vedení. ($R_v = 0,09 \text{ W}$). U skleněných teploměrů se bere pro další výpočet chyba výsledná dána vztahem (7).
3. Změřené a vypočtené výsledky se dosadí do vzorce pro součinitel odporu a vypočte se jeho výsledná náhodná chyba absolutní (8) a relativní (9). Do vzorců (2),(3),(4),(8) dosazujeme aritmetické průměry veličin $\bar{t}_1, \bar{t}_2, \bar{R}_1, \bar{R}_2, \bar{t}_0$.

Pokyny pro obsluhu programu *Multimetr Escort*

1. Zkontrolujte připojení měřicího přístroje k PC pomocí sériového laplinku.
2. Zapněte měřicí přístroj a spusťte program *Multimetr Escort*.
3. Zkontrolujte ve Správci zařízení číslo COM portu, na který je přístroj připojen. Následně pomocí Nastavení -> COM port -> COM1 – COM10 navolte příslušný port.
4. V Módu měření vyberte Odpor a stiskněte tlačítko Nastavit.
5. Tlačítkem Měřit provedete samotné měření.
6. Po ukončení měření pomocí Soubor -> Uložit vyexportujte naměřená data do textového souboru.

Tipy pro práci s programem

1. Nápověda -> O programu.
2. Běžící časovač určuje dobu uplynulou od posledního měření.
3. Data v tabulce naměřených hodnot lze mazat označením řádku a stisknutím tlačítka Delete na klávesnici.

Tab. 1 Tabulka naměřených hodnot

i	t_1 [°C]	R_1 [Ω]	$(t_1 - \bar{t}_1)^2$ [°C ²]	$(R_1 - \bar{R}_1)^2$ [Ω ²]	t_2 [°C]	t_0 [°C]	R_2 [Ω]	$(t_2 - \bar{t}_2)^2$ [°C ²]	$(R_2 - \bar{R}_2)^2$ [Ω ²]
1									
2									
·									
·									
10									
	\bar{t}_1	\bar{R}_1	Σ	Σ	\bar{t}_2	\bar{t}_0	\bar{R}_{21}	Σ	Σ

Kontrolní otázky

1. Zpracování náhodných chyb
2. Co je střední teplotní součinitel odporu?
3. Jak se správně měří rtuťovým teploměrem, vztah pro korekci.
4. Uveďte vztah závislosti odporu kovu na teplotě.

7.2 Spojité indukční snímače polohy

Zadání

1. Seznamte se s technickými parametry indukčních snímačů INPOS.
2. Změřte statické charakteristiky snímačů INPOS s výstupem proudovým a napěťovým.
3. Proveďte linearizaci všech charakteristik regresní přímkou, jejich zhodnocení, porovnání, nakreslete křivku odchylek, určete citlivost a výslednou přesnost snímačů.

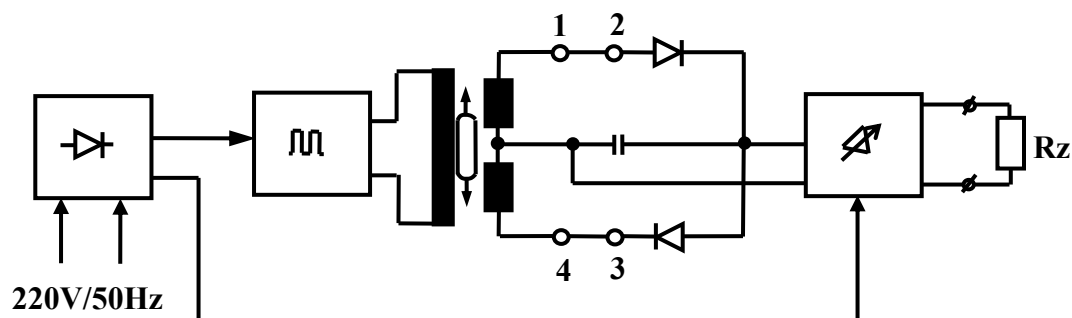
Popis snímačů INPOS

Snímače INPOS převádí změnu dráhy malého přímočarého posuvu nebo úhlového natočení na stejnosměrný analogový proudový signál. Tento proud při průchodu rezistorem vytváří napěťový signál, který lze též snímat jako napěťový výstup. Snímač INPOS s přímým posuvem jádra má vstupní signál – posuv jádra – v rozmezí 0 až 8 mm. U aplikací, kde je nutno snímat posuvy v jiných mezích, je nutno změnu polohy mechanicky upravit do tohoto rozsahu vhodným způsobem. Jádru je uchyceno na plíškových pružinkách, odtud označení snímače “s pružinami”. Výstupní unifikovaný signál je 0 – 5 mA (Iss), vedeme-li tento proud přes rezistor 200 Ω , vzniká na něm napěťový signál 0 – 10V.

Snímač INPOS v druhém provedení je snímač INPOS s vačkou. Tato vačka převádí úhlové natočení (vstupní veličinu) opět na přímočarý posuv jádra transformátoru. Sekundární cívky transformátoru jsou v diferenčním zapojení. Úhel natočení je 0 – 270°, maximálně 295°. Výstupní signál je 0 – 20 mA_{ss}, při průchodu rezistorem 500 Ω se získá napěťový signál v rozmezí 0 – 10V. Výrobce ZPA Nová Paka udává u obou snímačů lineární závislost s max. odchylkou 1% a nulovou hysterezi. Pro snímače INPOS se vyrábí i napájecí zdroj, který je na měřicím přípravku též instalován.

Zdroj z napětí sítě 220/50 Hz získává dvě stejnosměrná napájecí napětí +15V a -15V vůči nulovému vodiči, která přivádí ke snímačům. Uvnitř snímače jsou tato napětí dvojčinným střídačem měněna na střídavé napětí pravoúhlého tvaru. Tímto napětím je napájena primární cívka transformátoru indukčního snímače. Napětí na sekundární cívce je úměrné poloze pohyblivého jádra, které tvoří vazbu mezi primárem a sekundárem. Napětí ze sekundární cívky je usměrněno, zesíleno a přivedeno na výstup snímače. Na horní straně snímače jsou pájecí body, jejich propojením se volí poloha pro nulový výstupní signál a směr otáčení. Otvorem v boku vysílače je přístupný potenciometr pro seřízení nulového výstupního signálu. Principiální schéma zapojení indukčního snímače s otevřeným magnetickým obvodem v provedení INPOS je na obr. 2.

Snímače INPOS jsou umístěny na jediné dřevěné vyjímatelné polici. Posuv jádra lze odečítat na zabudovaném mikrometrickém měřítku. U snímačů INPOS je instalována bakelitová krabice obsahuje zdroj +15V a -15V, dále pak je na ní umístěn přepínač pro volbu výstupu proudového či napěťového (napěťový výstup se volí přepnutím do polohy “R”).



Obr. 2 Principiální schéma snímače INPOS

Postup měření

1. Zapojte měřicí přípravek se snímači INPOS.
2. Proměřte statické charakteristiky obou snímačů INPOS. Měření proveďte v obou směrech za účelem zjištění případné hystereze. Pro nastavení každé polohy jádra odečítejte ustálený údaj měřicího přístroje.
3. Sestrojte statické charakteristiky a vypočtěte rovnice regresních přímek. Vyjádřete se k přesnosti snímačů. Sestrojte křivky odchylek od regresních přímek.
4. Vypočtěte maximální poměrnou hysterezi jako podíl maximální odchylky mezi vzestupnou a sestupnou hodnotou výstupního signálu a maximální hodnoty výstupního signálu v proměřovaném rozsahu. Abychom dostali hysterezi v %, násobíme výsledek stem.
5. Posuďte výslednou přesnost a citlivost měřených snímačů porovnáním s údaji výrobce.

Pokyny pro obsluhu programu *Multimetr Escort*

1. Zkontrolujte připojení měřicího přístroje k PC pomocí sériového laplinku.
2. Zapněte měřicí přístroj a spusťte program *Multimetr Escort*.
3. Zkontrolujte ve Správci zařízení číslo COM portu, na který je přístroj připojen. Následně pomocí Nastavení -> COM port -> COM1 – COM10 navolte příslušný port.
4. Vyberte odpovídající Mód měření a Typ veličiny, případně zvolte Měřicí rozsah a stiskněte tlačítko Nastavit.
5. Tlačítkem Měřit provedete samotné měření.
6. Po ukončení měření pomocí Soubor -> Uložit vyexportujte naměřená data do textového souboru.

Tipy pro práci s programem

1. Nápověda -> O programu.
2. Běžící časovač určuje dobu uplynulou od posledního měření.
3. Data v tabulce naměřených hodnot lze mazat označením řádku a stisknutím tlačítka Delete na klávesnici.

Kontrolní otázky

1. Co je to statická charakteristika?
2. Uveďte principiální schéma zapojení indukčního snímače INPOS.
3. Nakreslete diferenční zapojení indukčního snímače.
4. Jak vypočteme maximální poměrnou hysterezi?

Tab. 2 Tabulka naměřených hodnot

Druh	Počet měření	I	I	I	U _{ss}	U _{ss}
		[mm] dílků	[mA] stoupající	[mA] klesající	[V] stoupající	[V] klesající
Snímač INPOS s přímým posuvem jádra	1					
	2					
	3					
	.					
	.					
Snímač INPOS s vačkou	.					
	n					
	1	0°				
	2	5°				
	3					
	.					
	.					
	.					
	n					

8ZÁVĚR

První část se zabývá popisem přístrojového vybavení laboratoře H306. Pro vybrané typy měřicích jednotek jsou vypsány jejich základní specifikace a především možnost jejich připojení podle výrobcem definovaného typu sběrnice.

V druhé části, podle zjištěných portů, jsou popsány základy typologie a způsoby komunikace využitím USB a RS 232. Z důvodu špatné kompatibility s novějšími PC je GBIP sběrnice zmíněna jen okrajově.

Ve třetí části se nachází ukázky práce a prvotní postupy připojení jednotlivých typů měřicích zařízení. Otestoval jsem vytvoření připojení zařízení přes RS 232 a komunikaci pomocí příkazové řádky v programu PuTTY. PuTTY bych označil za vhodný nástroj k prvotnímu testování komunikace připojovaného zařízení a PC, avšak na časté a pravidelné opakování vícenásobných příkazů vhodný není.

Dále hodnotím realizovatelnost zapojení digitálních multimetrů Agilent a Metex do měřicích systémů za účelem přenosu měřených dat do PC. Výrobce multimetru Agilent dodává s přístrojem CD s technickými parametry přístroje, ukázkami zdrojových kódů pro vytvoření programů pro ovládání přístroje s pomocí PC a také připravené makro v prostředí MS Excel pro čtení a zápis měřených hodnot. Je plně funkční s ohledem na požadavky na komunikaci multimetr-PC. Čtené hodnoty se automaticky zapisují do jednotlivých buněk sešitu do přehledné tabulky, je možné si takto získaná data po ukončení měření automaticky vykreslit do grafu. Možnosti multimetru Metex, jsou omezené. Datový výstup z *Metex ControlSoftware* je velmi komplikovaný, špatně automatizovatelný a program samotný, kvůli neustálému načítání hodnoty displeje, značně znemožňuje archivaci měřených dat.

Při tvorbě programu *Multimetr Escort* jsem využil poznatků z prvotní práce na vytvoření komunikačního programu, což byla konzolová aplikace programovaná v jazyku C. Stále se jednalo o komunikaci na úrovni příkazové řádky, proto jsem algoritmus přepracoval pro potřeby objektového programování, C#. Vytvořil jsem grafické prostředí programu sloužící ke čtení, zobrazování a ukládání měřených dat. Z tohoto prostředí lze měřicímu přístroji měnit měřicí rozsahy, volit typy měřené veličiny, tudíž není potřeba přímého kontaktu obsluhy s multimetrem. Měřená data lze exportovat do txt/XML souboru.

V rámci cvičení předmětu Automatizační technika lze uvedených možností využít ve dvou měřicích úlohách: Součinitel odporu Pt-100 a Spojité snímače polohy. Upravil jsem texty příslušných pokynů k měření a připojil jsem k nim pokyny pro obsluhu programu *Multimetr Escort*. Mimo tyto úlohy lze vytvořený program využít i v dalších předmětech vyučovaných v laboratořích katedry, jedná se o Měřicí a senzorovou techniku, Prostředky automatického řízení a Mikroelektronické systémy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AGILENT TECHNOLOGIES. *Agilent 34410A* [online]. [cit. 2012-01-31]. Dostupné z: <http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsp?cc=CZ&lc=eng&ckey=692834&nid=-33228.536908384.00&id=692834&pselect=SR.GENERAL>

AMETEK CALIBRATION INSTRUMENTS. *ETC 400A* [online]. [cit. 2012-01-31]. Dostupné z: http://jofra.com/DK/Produkter/Tryk_kalibratorer.aspx?M=eCom_Catalog&PID=&ProductID=PROD17

EVERYTHING USB. *USB 3.0* [online]. [cit. 2012-01-31]. Dostupné z: <http://www.everythingusb.com/superspeed-usb.html>

GM ELECTRONIC. *Metex MXD-4660A* [online]. [cit. 2012-01-31]. Dostupné z: http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/721/721-029/pctdetail.721-029.1.jpg

INSTRUMENTS TECHNO TESTS. *Escort 3146A* [online]. [cit. 2012-01-31]. Dostupné z: http://catalogue.techno-test.com/products/1-Test___Measurement/9-Multimeter___Clamp_On___LCR/254-3136A-Escort_3136A.html

KLÁN, P. Přístroj pro měření a řízení pomocí PC. *Automa*[online]. 2004, roč.5, č. 11 [cit. 2012-01-31]. Dostupné z: http://odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=32619

KULHÁNEK, J. *Počítače a sítě* [online]. Ostrava : Editační středisko VŠB-TUO, 2007 [cit. 2012-01-31]. Dostupné z: http://vyuka.fs.vsb.cz/file.php/6/Skripta_Pocitace_a_site.pdf ISBN 978-80-248-1516-9.

NATIONAL INSTRUMENTS. *GPIB*. [online]. [cit. 2012-01-31]. Dostupné z: <http://www.ni.com/gpib/>

TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC. *GBIP_HW*. [online]. [cit. 2012-01-31]. Dostupné z: http://www.rss.tul.cz/download/cms/03_GPIB_HW.pdf

VLACH, J. a VLACHOVÁ, V. *Počítačová rozhraní: Přenos dat a řídicí systémy*. 2., rozšíř. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2000, 175 s. ISBN 80-85940-17-4.

VŠCHT PRAHA. *Měření s měřicím systémem GBIP*. [online]. [cit. 2012-01-31]. Dostupné z: http://tresen.vscht.cz/ufmt/cs/component/joomdoc/doc_details/283-ismeni-s-micim-systemem-gpib.html